

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

(3)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11132975 A

(43) Date of publication of application: 21 . 05 . 99

(51) Int. Cl

G01N 23/225
G01B 11/30
G01N 23/20
H01L 21/66

(21) Application number: 09300275

(22) Date of filing: 31 . 10 . 97

(71) Applicant: TOSHIBA CORP

(72) Inventor: YAMAZAKI YUICHIRO
NAGAI TAKAMITSU
MIYOSHI MOTOSUKE

(54) INSPECTION METHOD AND DEVICE USING ELECTRON BEAM

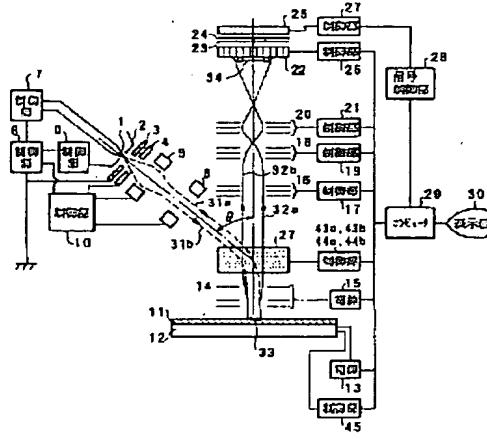
secondary electron and, the reflection electron.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide inspection method and device using an electron beam that can solve various problems caused by obliquely applying the electron beam.

SOLUTION: A device is provided with electron beam application parts 1-10 for applying an electron beam 31 to a sample 11, mapping projection optics parts 16-21 for forming the primary and/or secondary original image of a secondary electron and a reflection electron 32 being generated corresponding to change in the shape, the quality of a material, and the potential of the surface of the sample, electron beam detection parts 22-27 for outputting a detection signal based on the primary and/or secondary original image, an image display part 30 for displaying the primary and/or secondary original image of the surface of the sample by receiving the detection signal, and electron beam deviation parts 27 and 43-44 for changing an incident angle to the sample of the electron beam being applied from the electron beam application parts and a drawing angle to the mapping projection optics parts of the



(3)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-132975

(43)公開日 平成11年(1999)5月21日

(51) Int.Cl.⁶
 G 01 N 23/225
 G 01 B 11/30
 G 01 N 23/20
 H 01 L 21/66

識別記号

F I
 G 01 N 23/225
 G 01 B 11/30 C
 G 01 N 23/20 J
 H 01 L 21/66

審査請求 未請求 請求項の数10 O.L. (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-300275

(22)出願日 平成9年(1997)10月31日

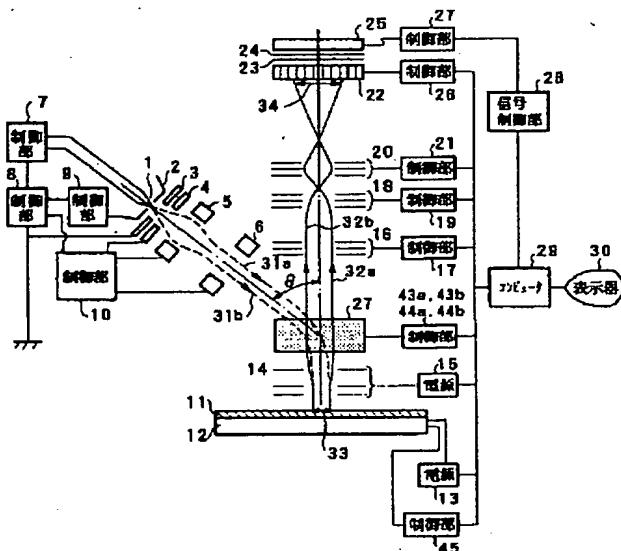
(71)出願人 000003078
 株式会社東芝
 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
 (72)発明者 山崎裕一郎
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内
 (72)発明者 永井隆光
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内
 (72)発明者 三好元介
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内
 (74)代理人 弁理士 佐藤一雄 (外3名)

(54)【発明の名称】電子ビームを用いた検査方法及びその装置

(57)【要約】

【課題】電子ビームが試料表面に斜めに入射されることから、パターン側壁に存在する欠陥の検査が不可能であること、光軸調整が困難であることなどの問題が生じていた。

【解決手段】試料11に電子ビーム31を照射させる電子ビーム照射部1~10、試料表面の形状、材質、電位の変化に応じて発生した二次電子及び反射電子32の一次元像及び/又は二次元像を結像させる写像投影光学部16~21、この一次元像及び/又は二次元像に基づいて検出信号を出力する電子ビーム検出部22~27、検出信号を与えられて試料表面の一次元及び/又は二次元像を表示する画像表示部30、電子ビーム照射部から照射された電子ビームの試料への入射角度と、二次電子及び反射電子の写像投影光学部への取り込み角度を変化させる電子ビーム偏向部27、43~44を備える。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】試料に電子ビームを照射させる電子ビーム照射部と、

前記電子ビーム照射部により試料に電子ビームが照射されて、試料表面に応じて発生した二次電子及び反射電子の一次元像又は二次元像を電子ビーム検出部上に結像させる写像投影光学部と、

前記写像投影光学部により結像された前記二次電子及び反射電子の一次元像又は二次元像に基づいて検出信号を出力する前記電子ビーム検出部と、

前記電子ビーム検出部から出力された前記検出信号を与えられて、前記試料表面の一次元又は二次元像を表示する画像表示部と、

前記電子ビーム照射部から照射された電子ビームの試料への入射角度と、前記二次電子及び反射電子の前記写像投影光学部への取り込み角度を変化させる電子ビーム偏角部と、

を備えることを特徴とする電子ビーム検査装置。

【請求項 2】前記電子ビーム照射部から照射される電子ビームの断面形状が、線状、矩形、又は長楕円であることを特徴とする請求項 1 記載の電子ビーム検査装置。 20

【請求項 3】前記電子ビーム照射部から照射された電子ビームが前記電子ビーム偏角部により偏角されて試料へ入射される角度と、試料から発生した前記二次電子及び反射電子が前記電子ビーム偏角部により偏角されて前記写像投影光学部に取り込まれる角度との差は、-5度から+5度の範囲内であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の電子ビーム検査装置。

【請求項 4】前記電子ビーム偏角部は、前記写像投影光学部の光軸に対して直交する面内において電界と磁界とが直交する場を形成して前記電子ビームを偏角させる手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載された電子ビーム検査装置。 30

【請求項 5】前記電子ビーム照射部は、1つ又は2つ以上の多極子レンズを含む電子光学レンズ系を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載された電子ビーム検査装置。

【請求項 6】前記電子ビーム照射部が有する前記電子光学レンズ系は、多極子レンズとして四極子レンズであることを特徴とする請求項 5 記載の電子ビーム検査装置。 40

【請求項 7】前記ビーム照射部は、前記試料表面に対して斜め情報の位置に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 記載の電子ビーム検査装置。

【請求項 8】電子ビーム照射部より電子ビームを試料に照射し、この試料の表面に応じて発生した二次電子及び反射電子の一次元像または二次元像を、写像投影光学部および電子ビーム検出部を介して画像表示させて前記試料を検査する工程を備え、

前記電子ビーム照射部から照射された電子ビームの試料表面への入射角度と、前記二次電子及び反射電子の写像 50

2

投影光学部への取り込み角度は電子ビーム偏角手段を用いて変化させることを特徴とする電子ビームを用いた検査方法。

【請求項 9】前記電子ビームは、前記写像投影光学部の光軸に対して直交する面内において電界と磁界とが直交する場を形成して偏角されることを特徴とする請求項 8 記載の電子ビームを用いた検査方法。

【請求項 10】前記電子ビーム照射部は、前記試料表面に対して斜め上方に配置されることを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の電子ビームを用いた検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電子ビームを用いた検査方法及びその装置に関し、特に半導体ウェーハやフォトマスクのパターンを検査する場合に好適な検査方法及び検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の高集積化に伴い、半導体ウェーハやフォトマスク上の欠陥、異物等の検出に要求される感度は、高くなっている。一般に、パターンの配線幅の1/2以下の検出感度が必要となることから、近年では光学式によるパターン欠陥検査の限界が見えてきている。そこで、光学式に替わり電子ビームを用いた検査装置の開発が行われており、特開平5-258703公報や特開平7-249393号公報等に提案されている。

【0003】特開平7-249393号公報には、ウェーハパターンの欠陥検出装置が開示されている。この装置は、図4に示されたように、矩形の電子放出面陰極を有し、電子ビームを試料82の表面85に照射する電子光学鏡筒81と、電子ビームを照射された試料82から発生した二次電子83を検出するラインセンサ型二次電子検出器86を有する二次電子検出系84と、検出信号を処理する回路87とを備えている。この欠陥検出装置は、試料表面に照射する矩形ビームのアスペクト比を適当に設定し、かつ二次電子検出系84において並列に信号処理することで、高速に半導体ウェーハのパターン欠陥を検査することができる点に特徴がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】試料から発生する二次／反射電子の一次元像又は二次元像を結像させる写像投影系の解像性能上、試料と写像投影光学系を接近することで、写像投影光学系の初段レンズと試料との間に発生する電界の強度を高め、かつ均一性を向上させることができる。そこで、試料面に対して写像投影光学手段の光軸が垂直になるように写像投影光学手段を配置している。

【0005】しかし、従来はこのような構成を実現するためには、試料表面近傍での一次光学系と写像投影光学系との空間の取り合いから、一次光学系によって形成さ

れた矩形電子ビームを試料表面に対して斜めに入射せざるを得なかった。

【0006】この電子ビームの斜め入射には、次のような幾つかの問題が存在する。

(1) 試料表面の凹凸形状があるパターンに対して、斜めから照射ビームが入射されることにより、入射方向と反対側に電子ビームが照射されない領域が発生する。このため、発生した二次電子及び反射電子には、パターンの入射方向と反対側の部分が影となって現われる。このため、パターン側壁やパターン間等に存在する欠陥や異物等を観察し検査することは不可能であった。

(2) 電子ビームを照射するときは、試料には正電圧が印加される。このため、照射ビームが斜めに試料表面に入射すると、試料と写像投影光学系との間に存在する電界の影響により、電子ビームの試料への入射位置が本来の軸からずれてしまう。このような照射ビーム系と試料と写像投影光学系との間の光軸調整は、電界の存在により極めて困難であった。

(3) 試料と写像投影光学系と間には上述したように電界が存在するが、この電界を変化させると、電子ビームの試料表面上の照射位置が移動してしまうため、光軸調整がずれることとなる。

(4) 電子ビームが斜めに入射されると、試料からの反射電子は照射された電子ビームに対して正反射方向に分布を持つ。このため、試料表面に対して垂直方向に設置された写像光学系への反射電子の透過率が低下していた。

【0007】このように、従来は電子ビームが試料表面に斜めに入射されることから、パターン側壁に存在する欠陥の検査が不可能であること、光軸調整が困難であることなどの問題が生じていた。

【0008】本発明は上記事情に鑑み、電子ビームの斜め照射により生じていた種々の問題を解決し得る電子ビームを用いた検査方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の電子ビーム検査装置は、試料に電子ビームを照射させる電子ビーム照射部と、前記電子ビーム照射部により試料に電子ビームが照射されて、試料表面に応じて発生した二次電子及び反射電子の一次元像又は二次元像を電子ビーム検出部上に結像させる写像投影光学部と、前記写像投影光学部により結像された前記二次電子及び反射電子の一次元像又は二次元像に基づいて検出信号を出力する前記電子ビーム検出部と、前記電子ビーム検出部から出力された前記検出信号を与えられて、前記試料表面の一次元又は二次元像を表示する画像表示部と、前記電子ビーム照射部から照射された電子ビームの試料への入射角度と、前記二次電子及び反射電子の前記写像投影光学部への取り込み角度を変化させる電子ビーム偏向部とを備えることを特徴

とする。

【0010】前記電子ビーム照射部から照射される電子ビームとして、その断面形状が線状、矩形、又は長楕円であるものを用いてもよい。このような断面形状を有する電子ビームは、高い電流密度が得られるので検査精度を向上させることができる。前記電子ビーム照射部から照射された電子ビームが前記電子ビーム偏向部により偏向されて試料へ入射される角度と、試料から発生した前記二次電子及び反射電子が前記電子ビーム偏向部により偏向されて前記写像投影光学部に取り込まれる角度との差は、-5度から+5度の範囲内であることが望ましい。

【0011】前記電子ビーム偏向部は、前記写像投影光学部の光軸に対して直交する面内において電界と磁界とが直交する場を形成して前記電子ビームを偏向させる手段を有するものであってもよい。

【0012】前記電子ビーム照射部は、1つ又は2つ以上の多極子レンズを含む電子光学レンズ系を有するものであってもよい。

【0013】前記電子ビーム照射部は、前記電子光学レンズ系が四極子レンズを有するものであってもよい。

【0014】あるいは、前記ビーム照射部は、前記試料表面に対して斜め情報の位置に配置されるものであってもよい。

【0015】本発明の電子ビームを用いた検査方法は、電子ビーム照射部より電子ビームを試料に照射し、この試料の表面に応じて発生した二次電子及び反射電子の一次元像または二次元像を、写像投影光学部および電子ビーム検出部を介して画像表示させて前記試料を検査する工程を備え、前記電子ビーム照射部から照射された電子ビームの試料表面への入射角度と、前記二次電子及び反射電子の写像投影光学部への取り込み角度は電子ビーム偏向手段を用いて変化させることを特徴とする。

【0016】ここで、前記電子ビームは、前記写像投影光学部の光軸に対して直交する面内において電界と磁界とが直交する場を形成して偏向されるものであってもよい。

【0017】また、前記電子ビーム照射部は、前記試料表面に対して斜め上方に配置されるものであってもよい。

【0018】このように、本発明によれば、電子ビーム照射部により発生した電子ビームを電子ビーム偏向部で偏向させて、試料表面に垂直に入射させる。さらに、試料表面から発生した二次電子及び反射電子を、電子ビーム偏向部を用いて偏向させて、写像投影光学部に導入する。照射電子ビームを試料表面に対して垂直に入射させた場合には、試料表面に対して電子ビームを斜めに入射していた場合に不可能であったパターン側壁又はパターン間に存在する欠陥の検査を行うことができる。

【0019】さらに、試料と写像投影光学部との間に電

界が存在すると電子ビームが偏向したり、歪や収差が発生するが、電子ビームを偏向することでこれらを抑制することができ、また、電子ビーム照射部と試料検査位置と写像投影光学部との間での空間の取り合いの調整、及び光軸調整が容易である。また、試料に電圧を印加させる場合にこの電圧を変化させても光軸のずれは発生しない。さらに、電子ビームを電子ビーム偏向部で試料面に対して垂直に偏向させて照射させた場合には、試料表面から反射した二次電子及び反射電子の分布も試料面に対して垂直になるため、反射電子の透過率も大幅に向上する。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。

【0021】本発明の一実施の形態による電子ビーム検査装置の構成を図1に示す。この検査装置は、その概略構成として、電子ビーム照射部とその制御部、試料搭載用のステージ12とその制御部、二次／反射電子ビーム写像投影光学部とその制御部、電子ビーム検出部とその制御部、さらに、本実施の形態における特徴である電子ビーム偏向部とその制御部を備えている。

【0022】電子ビーム照射部は、ステージ12に搭載された半導体ウェーハ又はフォトマスク等の試料11の表面に垂直な方向に対し、機械的に一定の角度 θ （例えば30～40度）を有するように斜め上方向に配置されている。

【0023】この電子ビーム照射部は、電子銃と、2段構成の四極子レンズとを備えている。より具体的な構成として、電子銃は、100 μm × 10 μmの矩形の電子放出面を有するランタンヘキサボライド（以下、LaB6という）陰極1と、矩形開口を有するウエーネルト電極2、矩形開口部を有する陽極3、及び光軸調整用の偏向器4を備えている。ここで、陰極1は矩形の電子放出面を有しているので、電子ビームの断面形状は矩形となる。矩形の他に、例えば線状、長楕円等の細長形状の断面を有する電子ビームを用いると、電流密度が高くなるので、検出信号のS/N比を高くすることができる。しかし、細長形状に限らず様々な断面形状の電子ビームを用いてもよい。

【0024】LaB6陰極1、ウエーネルト電極2、陽極3、偏向器4の動作は、制御部7、8、10により制御され、電子ビーム31a及び31bの加速電圧、エミッション電流、光軸が調整される。

【0025】また、2段構成の静電型四極子レンズ5及び6と、このレンズ5及び6の動作を制御する制御部10とが設けられている。陰極1から放出された電子ビーム31a及び31bが、試料11面上で約100 μm × 25 μmの矩形ビームを形成するように、レンズ5及び6によって収束される。収束された電子ビームは、電子ビーム偏向部27に入射する。このように、電子ビーム

照射部から照射された電子ビームは、試料11面に対して斜めの角度 θ 方向から電子ビーム偏向部27に入射される。ここで、四極子レンズに限らず、1つのレンズ、あるいは2つ以上の多極子レンズで電子光学レンズ系が構成されていてもよい。

【0026】電子ビーム31a、31bが電子ビーム偏向部27に入射すると、試料11の表面に対してほぼ垂直になるように偏向された後、電子ビーム偏向部27を出射する。出射した電子ビームは、電源15により所定の電圧を印加された回転対称静電レンズ14によって縮小されて、試料11表面上に垂直に照射される。後述するように、試料11表面から発生する二次電子及び反射電子が写像投影光学系に取り込まれる角度は、試料11表面に対して垂直である。よって、試料11への電子ビームの入射角と、試料11表面から発生する二次電子及び反射電子が写像投影光学系に取り込まれる角度とは、共に試料11表面に対して垂直である。しかし、この二つの角度は必ずしも完全に一致している必要はなく、-5度から+5度の範囲内に納まっていればよい。

【0027】試料11には、電源13により所定の電圧が印加されている。ステージ12は、制御部45によってX-Y平面上の移動が制御される。ここで、試料11に印加すべき電圧値は、後述する写像投影光学部の解像性能に基づいて決定する必要がある。例えば、0.1 μm以下の解像度を得るために、二次／反射電子ビームは5 kV程度の電圧を有することが要求されるので、試料に印加する電圧として約5 kVが望ましい。しかし、一方で電子ビームのエネルギーは試料11に印加する電圧と、試料11へ入射される電子ビームが有する電圧との差によって決定される。試料11として半導体ウェーハを検査する場合には、電子ビームの照射ダメージの低減及び帯電防止の観点から、半導体ウェーハへの入射電圧は800 V程度が一般に用いられている。従って、電子ビームの電圧は5.8 kV程度が望ましいことになる。

【0028】電子ビーム31a及び31bが試料11の表面上に照射されると、試料11の表面からウェーハ表面の形状／材料／電位情報をもった二次／反射電子32a及び32bが放出される。この電子は、上述したように電源13により試料11に印加された電圧により試料11と静電レンズ14との間に発生している加速電界によって加速され、さらに静電レンズ14によって無限遠に焦点をもつ軌道を描きながら、電子ビーム偏向部27に入る。

【0029】ここで、電子ビーム偏向部27は、制御部43a及び43b、44a及び44bの制御によって、試料11側から入射された二次／反射電子ビーム32a及び32bが直進するように動作する。この結果、電子ビームは電子ビーム偏向部27の中を直進して写像投影光学部に入射される。

【0030】この写像投影光学部は、その光軸が試料1の表面に対して垂直方向になるように配置されており、3段構成の回転対称静電レンズを備えている。電子ビーム32a及び32bは静電レンズ16、18及び20によって拡大される。ここで、静電レンズ16、18及び20の電圧は、それぞれ制御部17、19及び21により制御される。

【0031】拡大された電子ビーム32a及び32bは、電子ビーム検出部により検出される。電子ビーム検出部は、MCP検出器22、蛍光面23、ライトガイド24及びCCDカメラ25を備えている。MCP検出器22に入射された電子ビーム32a及び32bは、10倍から10⁶倍に増幅されて蛍光面23を照射する。蛍光面23に電子ビームが照射されると蛍光像が発生し、ライトガイド24を介してCCDカメラ25がこの蛍光像を検出する。さらにCCDカメラ25は、制御部27の制御に従い、検出した蛍光像を画像データとして信号制御部28を介して画像データホストコンピュータ29に転送する。画像データホストコンピュータ29は、表示器30上への画像表示と、画像データ保存及び画像処理等の処理を行う。
20

【0032】次に、電子ビーム偏向部27の詳細な構造について、図2、及び図2のA-A線に沿う縦断面を示した図3を用いて説明する。図2に示すように、電子ビーム偏向部の場合は、上記写像投影光学部の光軸に垂直な平面内において、電界と磁界とを直交させた構造、即ちE×B構造とする。

【0033】ここで、電界は平行平板電極40a及び40bにより発生させる。平行平板電極40a及び40bが発生する電界は、それぞれ制御部43a及び43bにより制御される。一方、電界発生用の平行平板電極40a及び40bと直交するように、電磁コイル41a及び41bを配置されることにより、磁界を発生させていく。
30

【0034】磁界の均一性を向上させるために、平行平板形状を有するポールピースを持たせて、磁路42を形成している。A-A線に沿う縦断面における電子ビームの挙動は、図3に示されるようである。照射された電子ビーム31a及び31bは、平行平板電極40a及び40bが発生する電界と、電磁コイル41a及び41bが発生する磁界とによって偏向された後、静電レンズ14を通して試料11面上に対して垂直方向に入射する。一方、試料11面で発生した二次／反射電子ビーム32a及び32bは、試料11と静電レンズ14との間において発生した加速電界で加速された後、試料11面に対して垂直な方向に進み、静電レンズ14を通過した後に電子ビーム偏向部27に入射する。
40

【0035】ここで、照射電子ビーム31a及び31bの電子ビーム偏向部27への入射位置及び角度は、電子のエネルギーが決定されると一義的に決定される。さら
50

に、二次／反射電子32a及び32bが直進するように、電界及び磁界の条件、即ちvB=eEとなるように平行平板電極40a及び40bが発生する電界と、電磁コイル41a及び41bが発生する磁界とを、それぞれの制御部43a及び43b、44a及び44bが制御することで、二次／反射電子は電子ビーム偏向部27を直進して、上記写像投影光学部に入射する。ここで、Vは電子32の速度(m/s)、Bは磁場(T)、eは電荷量(C)、Eは電界(V/m)である。

【0036】上述したように、本実施の形態によれば、照射電子ビーム31a及び31bを試料11の表面に対して斜め方向から入射するのではなく、垂直に入射させることができる。従って、試料11表面に電子ビームを斜め方向に照射していた場合に存在していた上述のような各種問題が解決されるので、パターンの側壁およびその近傍、またはパターン間に存在する欠陥や異物の観察、検査が可能となる。また、電子ビーム照射部、試料、写像投影光学部の光軸調整が容易であり、空間に占めるそれぞれの機械的な取り合いも簡略化される。

【0037】さらに、斜めに電子ビームが入射される場合に問題であった矩形ビームの照射位置のずれやビーム形状の歪、収差によるぼけなどの問題も同時に回避することができる。さらには、二次電子及び反射電子の検出効率も、大幅に向上させることができるのである。

【0038】上述したように、試料表面近傍における電子ビーム照射部、試料、写像投影光学部の機械的な空間の取り合いが簡略化されることにより、試料表面での電界強度の向上及び電界強度の均一性を高めることができるので、写像投影光学部の解像性能が向上する。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電子ビームを用いた検査方法及びその装置によれば、試料表面に電子ビームを照射させるときの入射角度と、試料表面で発生した二次電子及び反射電子の写像投影光学部への取り込み角度を、電子ビーム偏向部により偏向させることにより、試料表面のパターンの側壁近傍に存在する欠陥や異物等の検査を行うことが可能になり、さらに光軸の調整や、電子ビーム照射部と試料と写像投影光学部との間の空間の取り合いの調整を容易に行うことができ、さらに写像投影光学部の光学性能も向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による電子ビーム検査装置の構成を示したブロック図。

【図2】同電子ビーム検査装置における電子ビーム偏向部の詳細な構成を示した横断面図。

【図3】図2におけるA-A線に沿う縦断面構造を示した断面図。

【図4】従来の電子ビーム検査装置の概略構成を示した外観図。

9

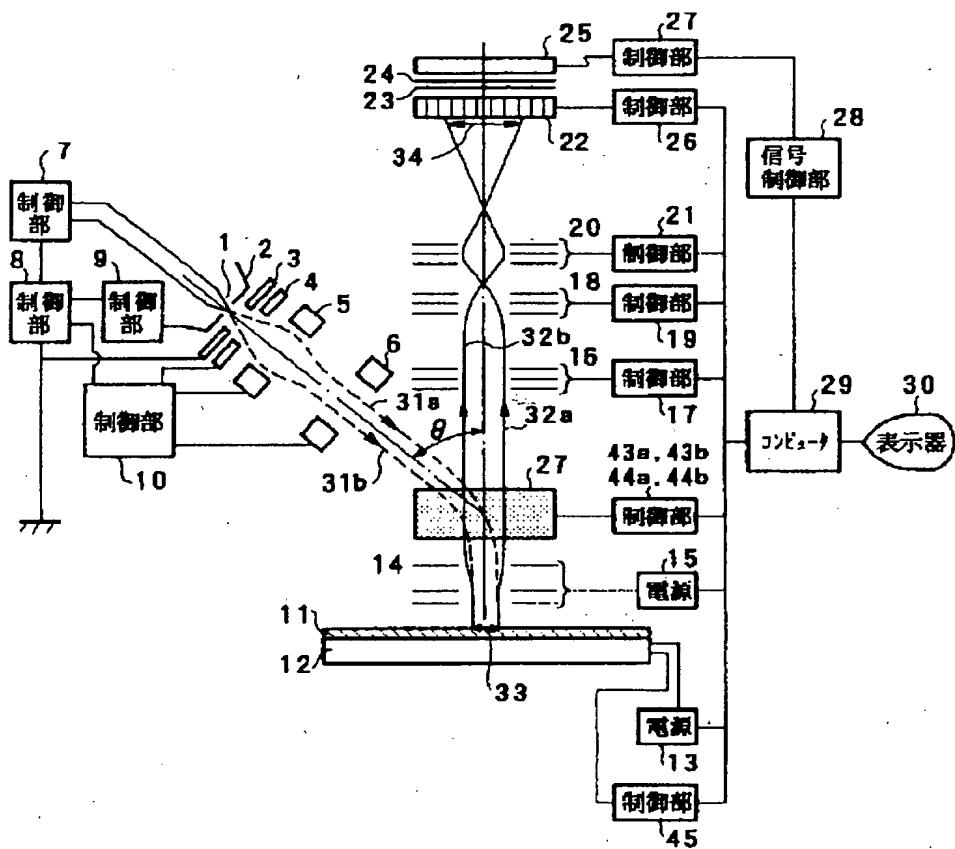
10

【符号の説明】

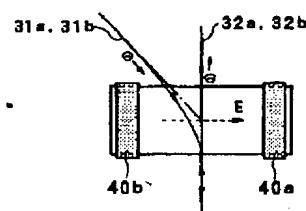
- 1 L a B 6 陰極
 2 ウエーネルト電極
 3 陽極
 4 偏向器
 5、6 静電型四極子レンズ
 7~10、17、19、21、26、27、43a、43b、44a、44b 制御部
 11 試料
 12 ステージ
 13、15 電源
 14 回転対称静電レンズ

- 16、18、20 静電レンズ
 22 MCP検出器
 23 蛍光面
 24 ライトガイド
 25 CCDカメラ
 28 信号制御部
 29 画像データホストコンピュータ
 30 表示器
 40a、40b 平行平板電極
 41a、41b 電磁コイル
 42 磁路

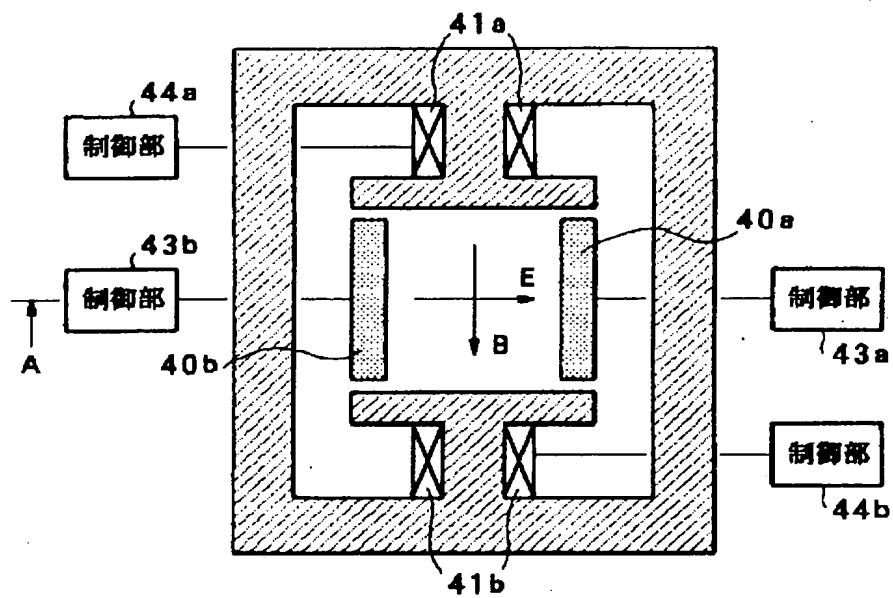
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

